

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: ИШНПТ

Направление подготовки: 15.04.01 «Машиностроение»

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Выбор и обоснование параметров ручной резьбонарезной машины

УДК 621.992.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM91	Лю Имин		05.06.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП по разделу «Раздел ВКР на иностранном языке»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Татьяна Юрьевна	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мартюшев Никита Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2021 г.

Направление 15.04.01 Машиностроение**ООП: Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении**

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удаленного доступа
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения

ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения
ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении
ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия
ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: ИШНПТ

Направление подготовки: 15.04.01 «Машиностроение»

Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 15.04.01

_____ Мартюшев Н.В.

«__»_____ 2021

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ91	Лю Имин

Тема работы:

Выбор и обоснование параметров ручной резьбонарезной машины	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.04.2021 №102-33/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>– ручная машина электробур на базе коллекторного двигателя мощностью 1,5 кВт с волновой передачей с промежуточными телами качения;</p> <p>– режим работы: периодический.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>1. Обзор литературы по теме исследования;</p> <p>2. Определение сочетания передаточных чисел механических передач, применяемых в приводе ручной резьбонарезной машины;</p> <p>3. Разработка кинематических схемы РМ, обеспечивающие работу устройства в требуемом режиме;</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Исследовательский	Коротков Владимир Сергеевич
Финансовый менеджмент,ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Раздел ВКР на иностранном языке	Айкина Татьяна Юрьевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1.3 Обзор истории нарезания резьбы и видов резьбы; 1.4 Расчёт параметров нарезания резьбы Ø 1/4 – 2 дюймов; 1.5 Анализ конструкции ВЗП и ВППТК.

1.3 Overview of threading history and thread types; 1.4 Calculation of parameters for threading Ø 1/4 - 2 inches; 1.5 Analysis of the design of wave gear transmission and wave transmissions with intermediate rolling bodies

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.2019
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В. С.	к.т.н.		01.10.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ91	Лю Имин		01.10.2019

Список принятых сокращений

РМ – ручная машина;

РРМ – резьбонарезная ручная машина

ВП – волновая передача;

ППТК – передача с промежуточными телами качения;

ВППТК – волновая передача с промежуточными телами качения;

КПД – коэффициент полезного действия;

ДВС – Двигатель внутреннего сгорания;

НР – научный руководитель;

И – инженер;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц, включает в себя 22 таблицы, 69 рисунка, 27 формул, 17 источник.

Ключевые слова: Ручная машина, волновая передача, коническая передача, нарезание резьбы, резьбонарезная насадка.

В исследовательской работе объектом исследования являются эксплуатационные характеристики ручной резьбонарезной машины.

Целью данной работы является разработка конструкции резьбонарезной ручной машины (РРМ) на базе привода с волновой передачей с промежуточными телами качения ($N=1,5\text{кВт}$).

Новизна данной работы состоит в создании резьбонарезной насадки для многофункционального привода

В рамках исследования проведены расчётов параметров нарезания резьбы $\varnothing 1/4 - 2$ дюйм, созданной на базе коллекторного двигателя мощностью 1,5 кВт с частотой вращения якоря 15000 об/мин и редуктора с промежуточными телами качения с передаточным числом 59. В результате установлены, что коническая передача может использоваться на тихоходной ступени редуктора при заданном передаточном отношении и в приводе ручной резьбонарезной машины может использоваться как волновая зубчатая передача (ВЗП) так и передача с промежуточными телами качения (ПТК).

Проведено исследование расчётов конических зубчатых колес с использованием метода моделирования в Комапс.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения» приведён анализ перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

В разделе «Социальная ответственность» был произведен анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды, вредных веществ, производственного шума, освещенность помещения, пожарной безопасности, защита в ЧС.

Оглавление

Введение	8
1. Исследовательская часть	11
1.1 Обзор литературы по теме исследования	11
1.2 Объект и методы исследования	11
1.3 Обзор истории нарезания резьбы и видов резьбы	12
1.3.1 Обзор истории нарезания резьбы	12
1.3.2 Обзор видов резьбы	14
1.4 Расчёт параметров нарезания резьбы Ø 1/2 – 2 дюймов	16
1.5 Анализ конструкции ВЗП и ВППТК	21
1.5.1 Анализ конструкции ВЗП	21
1.5.2 Анализ конструкции ВППТК	22
1.6 Обзор конструкции ручных резьбонарезных машин и резьбонарезных головок	24
1.6.1 Обзор конструкции ручных резьбонарезных машин	24
1.6.2 Обзор резьбонарезных головок	28
1.7 Расчёт конических зубчатых колес и обоснование параметров	30
1.7.1 Вручную расчёт конических зубчатых колес	30
1.7.2 Расчёт конических зубчатых колес в компасе 19	34
2. Конструкторская часть	49
2.1 Разработка кинематической схемы резьбонарезной машины	49
2.2 Разработка эскиза конструкции резьбонарезной насадки	51
2.3 Разработка 3D модель корпуса	52
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности	55
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	60
3.3 Бюджет научно-технического исследования	64
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	70
4. Социальная ответственность	76

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
4.2. Производственная безопасность	87
4.3 Экологическая безопасность	88
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
Заключение	94
Список использованных источников	95
Приложение А	97

Введение

Объектом исследования является ручная резьбонарезная машина.

Предметом исследование являются эксплуатационные характеристики ручной резьбонарезной машины.

Целью данной работы является разработка конструкции резьбонарезной ручной машины (РРМ) на базе привода с волновой передачей с промежуточными телами качения ($N=1,5\text{кВт}$).

Для достижения цели нужно решить следующие задачи:

1. Разработать кинематические схемы резьбонарезной ручной машины (РРМ).
2. Обосновать параметры механических передач, используемых в приводе резьбонарезной ручной машины (РРМ).
3. Разработать компоновку резьбонарезной насадки на базе привода с волновой передачей с промежуточными телами качения.

Актуальность данной работы состоит в создании резьбонарезной насадки для многофункционального привода. Такая ручная машина может выполнять функции бурения грунта и нарезания трубной резьбы. Использование такой машины в работе снизит затраты на приобретение и эксплуатацию специальных устройств, выполняющих функции бурения грунта и нарезания резьбы.

Научная новизна данной работы состоит в создании резьбонарезной насадки для многофункционального привода. Такая ручная машина может выполнять функции бурения грунта и нарезания трубной резьбы. Использование такой машины в работе снизит затраты на приобретение и эксплуатацию специальных устройств, выполняющих функции бурения грунта и нарезания резьбы.

Практическая новизна заключается в разработке принципиальной схемы резьбонарезной машины с волновым редуктором и конической передачей и обоснованием её параметров.

Область применения. Многофункциональный привод предназначен для фермеров, садоводов и небольших строительных фирм.

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обзор литературы по теме исследования

Расчёт параметров резьбы рассматривается в справочнике технолога машиностроителя [1]. Методика расчета конической передачи разработана Чернавским С.А. [2] и др.

Исследования, посвященных конструированию и разработке теории ВППТК представлены в работе Янгулова В.С. Техническая механика: Волновые и винтовые механизмы и передачи [3].

Один из первых патентов на современную теорию для нарезания резьбы был Джозеф Уитворт [4]. Резьбы были стандартизованы под углом 55 градусов. После этого, французские ученые создали метрическую систему, эта система является достаточно проста, удобна и логична [5].

Значительное количество исследований, посвященных конструированию и разработке теории нарезания резьбы представлены в работах [6] - [10]. Например, мастер Чудинов И. П. [6], нарезание резьбы методом фрезерования; Блюмберг В. А. и Лакур К. В. [7] нарезание резьбы на токарных станках; Соболев Н. П. [8] нарезание резьбы шлифованием; Захаров В. В. [9], инструмент для изготовления точных внутренних резьб; Проскуряков Ю. Г. и Кохановский В. А. [10], раскатывание внутренних резьб бесстружечными метчиками;

1.2 Объект и методы исследования

Объектом исследования являются ручная резьбонарезная машина. Используют теоретический метод в данной работе: анализ и синтез, метод сравнения. В ходе исследования был выполнен анализ конструкции РРМ.

Так же применен частный метод исследования такие как математическое моделирование. в ходе которого произведён расчёт конической передачи в системе Компас 19.

1.3 Обзор истории нарезания резьбы и видов резьбы

1.3.1 Обзор истории нарезания резьбы

В 1841 году всемирно известный изобретатель оружия, автор теории и практики винтовых соединений и британский изобретатель Джозеф Уитворт [4] собрали образцы винтов в большом количестве британских мастерских и сделали два предложения:

1. Угол фланца с резьбой должен быть стандартизован до 55 градусов.
2. Количество резьбы на дюйм должно быть стандартизовано для разных диаметров.

В середине 18 века в континентальной Европе были приняты стандарты метрической резьбы с множеством различных углов резьбы фланца. Например, угол фланца Loewenherz в Германии составляет 53 градуса и 8 минут, а у Thury в Швейцарии - 47,5 градуса. Стандартная международная метрическая резьба в конечном итоге эволюционировала из немецких и французских метрических стандартов, основанная на угле фланца 60 градусов, с плоскими выступами и круглым основанием.

После этого, французские ученые создали метрическую систему, эта система является достаточно проста, удобна и логичная [5].

В 1864 году американский изобретатель Уильям Селлерс сам вносил другой стандарт, который был основан на форме резьбы на 60 градусов и различных нитях для разных диаметров. Тогда в континентальной Европе используют стандарты метрической резьбы с принятием ряда различных углов фланца резьбы. Немецкий учёный Loewenherz сделал угол профиля резьбы 53 градуса 8 минут, а швейцарский учёный Thury его изобрел углом 47,5 градуса. В конце концов стандартная международная метрическая резьба вышла из немецких и французских метрических стандартов, была основана на 60-градусном угле с плоскими вершинами и закругленными впадинами. В настоящее время в промышленности

используют размеры резьб, соответствующие следующим международным стандартам:

Буквенное обозначение	Страна	Угол вершины профиля, °	Описание (расшифровка буквенного обозначения)
ISO		60°	International Organization for Standardization
NC	USA	60°	National Coarse
UNC	USA	60°	Unified National Coarse
NF	USA	60°	National Fine
UNF	USA	60°	Unified National Fine
UNEF	USA	60°	Unified National Extra Fine
UN	USA	60°	Unified National 8-, 12- and 16 pitch series
UNS	USA	60°	Special Threads of American National Form
NPT	USA	60°	National Taper Pipe 1:16
NPTF	USA	60°	National Taper Pipe Dryseal 1:16
NPS	USA	60°	National Standard Straight Pipe
NPSM	USA	60°	National Standard Straight Pipe for free fitting mechanical
NPSF	USA	60°	National Standard Internal Straight Pipe Dryseal
BSW	GB	55°	British Standard Withworth Coarse
BSF	GB	55°	British Standard Fine
BSP	GB	55°	British Standard Pipe
BSPT	GB	55°	British Standard Pipe Taper
BA	GB	47°	British Standard Association

Рисунок 1.1 – Международный стандарт резьб

Современные русские учёные тоже сделали много исследований нарезания резьбы. Например, Чернавский С.А, Бокова К.Н и др. занимались расчётами конической передач, в их работах представлено курсовое проектирование деталей машин [2].

Чудинов Иван Петрович занимался нарезанием резьбы методом фрезерования [6].

Блумберг Виталий Альбертович занимался Скоростным нарезанием резьбы на токарном станке [7].

Соболев, Н. П. занимался нарезанием резьбы шлифованием [8].

Захаров Владимир Владимирович занимался инструментом для изготовления точных внутренних резьб [9].

Проскуряков Юрий Георгиевич занимался раскатыванием внутренних резьб бесстружечными метчиками [10].

1.3.2 Обзор видов резьбы

Все нити, используемые в этой технологии, кроме прямоугольников, стандартизированы. По форме профиля резьба разделяют на прямоугольную, треугольную, круглую и трапецидальную.

Резьба по назначению отличается крепежной и ходовой.

Крепежную резьбу используют для получения разъемных соединений деталей. У крепежной резьбы есть треугольный профиль, одинарная головка, небольшой угол наклона спирали.

Ходовая резьба очень часто используются несколько головок чтобы преобразить вращательное движение в поступательное и наоборот.

Стандартная цилиндрическая и коническая резьба. Согласно ГОСТу 11708-82 общие определения и определения основных параметров выражаются в виде профилей, при этом указываются стандартные номера основных размеров..

Эти стандарты предоставляют довольно много резьб с разными параметрами. К ним относятся цилиндрические резьбы: дюймовая (ОСТ ХКТП 1260), метрическая (ГОСТ 9150-81), трапециевидная (ГОСТ 9484-81), цилиндрическая трубная (ГОСТ 6357-81)) и прочности (ГОСТ 10177-82); коническая резьба: Метрическая. конус (ГОСТ 25229-82) [11].

Метрическая резьба

Исходный профиль резьбы имеет треугольную форму. Диаметр и шаг метрической резьбы выражаются в миллиметрах. Угол между двумя сторонами составляет 60 градусов..

Когда диаметр деформации резьбы одинаков, метрическая резьба делится на крупную и мелкую. Вдоль оси резьбы тонких ниток одинаковой длины больше, чем крупных.

Дюймовая резьба

Профиль резьбы является треугольным с углом 55 градусов. Разница между фактическим профилем и исходным профилем заключается в том,

что верхняя часть исходного профиля обрезается до высоты около $1/6 H$, независимо от того, находится ли он снаружи впадины или со стороны впадины.

Внешний диаметр резьбы указан в дюймах (1 дюйм = 25,4 мм). Штрих (") указывает дюймы. Дюймовая резьба используется только для изготовления деталей с дюймовой резьбой, а не изношенных деталей и не должна использоваться для разработки новых продуктов. Имперский шаг выражается количеством витков резьбы на длине 1 дюйма.

Трубная цилиндрическая резьба

Исходный профиль резьбы представляет собой треугольник с углом при вершине 55 градусов. Шаг трубной резьбы меньше, чем у дюймовой резьбы, то есть количество витков на дюйм трубной резьбы больше, чем у дюймовой резьбы того же диаметра. Вершины хребтов и долин округлые. Круглый профиль обеспечивает высокую степень герметичности соединения. Трубная резьба используется для соединения труб и других деталей трубопроводной арматуры.

Ходовая резьба

Стандарты отличаются трапецеидальной и упорной:

1. Трапецеидальная резьба имеет контур: трапеция равнобедренная, угол между сторонами 30 градусов.
2. Упорная резьба имеет асимметричный профиль и используется для больших односторонних нагрузок.

Это разделение резьбы на застёжки и поводки не является строгим. На практике (особенно в приборостроении) в качестве ходовой обычно используют метрическую резьбу с мелким шагом.

Специальная резьба

Специальная резьба включает:

1. Резьба стандартными профилями, но отличается от стандартной по диаметру или шагу;

2. Резьба с нестандартными контурами, например квадратными и прямоугольными.

1.4 Расчёт параметров нарезания резьбы Ø 1/2 – 2 дюймов

(1) Расчёт для труба с диаметром 1/2 дюймов:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1,с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1,с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 12,7^{1,2}}{90^{0,5} \times 1,814^{1,2}} \times 0,56 = 1,65 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 1,65}{3,14 \times 12,7} = 41,38 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{ с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1,с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{MP}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50 [1,с. 298]: $K_p = K_{MP} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 12,7^{1,1} \times 1,814^{1,5} \times 0,85 =$$

15,3 N · М

(2) Расчёт для труба с диаметром 3/4 дюймов:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1,с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1,с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 19,05^{1,2}}{90^{0,5} \times 1,814^{1,2}} \times 0,56 = 2,68 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 2,68}{3,14 \times 19,05} = 44,8 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1,с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{MP}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50 [1,с. 298]: $K_p = K_{MP} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 19,05^{1,1} \times 1,814^{1,5} \times 0,85 = 23,9 \text{ N} \cdot \text{М}$$

(3) Расчёт для труба с диаметром 1 дюйм:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1,с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1,с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 25,4^{1,2}}{90^{0,5} \times 2,309^{1,2}} \times 0,56 = 2,8 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 2,8}{3,14 \times 25,4} = 35,1 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1,с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{mp}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50 [1,с. 298]: $K_p = K_{mp} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 25,4^{1,1} \times 2,309^{1,5} \times 0,85 = 47,11 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

(4) Расчёт для труба с диаметром 1 1/4 дюймов:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1,с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1,с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 31,75^{1,2}}{90^{0,5} \times 2,309^{1,2}} \times 0,56 = 3,7 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 3,7}{3,14 \times 31,75} = 37,11 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1,с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{mp}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50 [1,с. 298]: $K_p = K_{mp} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 31,75^{1,1} \times 2,309^{1,5} \times 0,85 = 60,21 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

(5) Расчёт для труба с диаметром 1 1/2 дюймов:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1,с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1,с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 38,1^{1,2}}{90^{0,5} \times 2,309^{1,2}} \times 0,56 = 4,6 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } \pi = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 4,6}{3,14 \times 38,1} = 38,45 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1,с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{mp}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50[1,с. 298]: $K_p = K_{mp} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 38,1^{1,1} \times 2,309^{1,5} \times 0,85 = 73,58 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

(5) Расчёт для труба с диаметром 2 дюймов:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Средние значения периода стойкости для круглых плашек $T=90$ мин [1, с. 296]

Значения коэффициентов: $C_v = 2,7$; $m = 0,5$; $q=1,2$; $y = 1,2$; – определены по таблице 49 [1,с. 296]:

Коэффициент K_v [1, с. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

Где

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{CV} – коэффициент, отражающий класса точности резьбы;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 50 [1, с. 298]: $K_{MV} = 0,8$, $K_{CV} = 0,7$, $K_{IV} = 1$,

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV} = 0,8 \times 0,7 \times 1 = 0,56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2,7 \times 50,8^{1,2}}{90^{0,5} \times 2,309^{1,2}} \times 0,56 = 6,5 \text{ м/мин}$$

$$\text{Чистота вращения: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 6,5}{3,14 \times 50,8} = 40,75 \text{ об/мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{ с. 297}]$$

Значения коэффициентов: $C_m = 0,045$; $q=1,7$; $y = 1,5$; – определены по таблице 51 [1, с. 298]:

Коэффициент $K_p = K_{mp}$, учитывающий качество обрабатываемого материала определяют по таблице 50 [1, с. 298]: $K_p = K_{mp} = 0,85$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0,045 \times 50,8^{1,1} \times 2,309^{1,5} \times 0,85 = 100,98 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

1.5 Анализ конструкции ВЗП и ВППТК

1.5.1 Анализ конструкции ВЗП

Относительно новым типом механической передачи является волновая зубчатая передача (ВЗП), которая основана на принципе волновой деформации одной из жил и представляет собой тонкостенную передачу. Некоторые положительные качества трансмиссии с большим передаточным числом вызвали интерес конструкторов во многих областях техники, особенно в аэрокосмической и аэрокосмической областях.

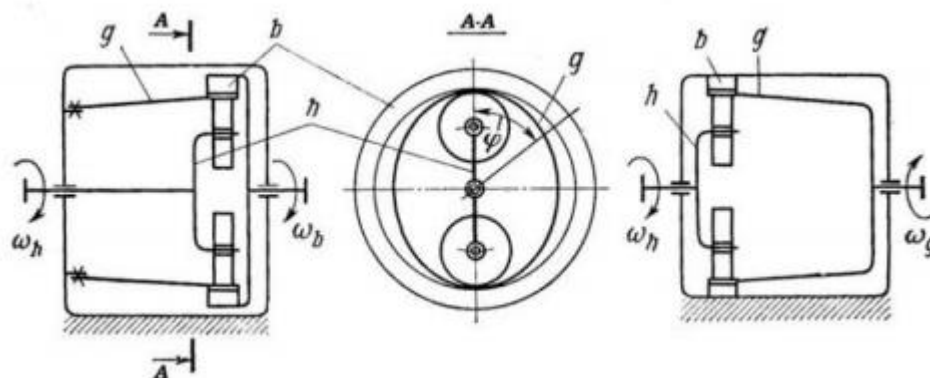


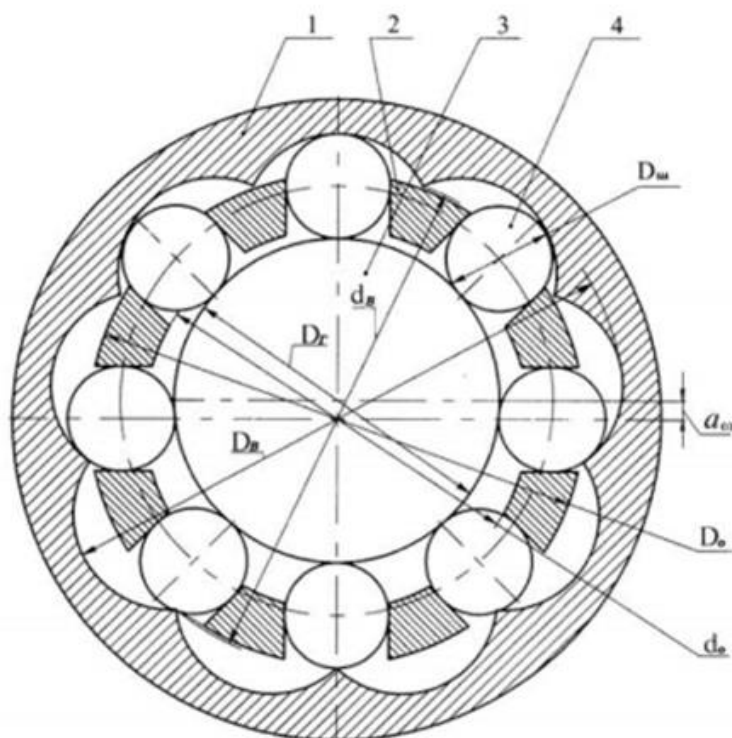
Рисунок – 1.2 Схема волновой передачи

На рисунке 1.2 показана принципиальная схема ВЗП. Данное устройство состоит из трех подвижных звеньев: жесткого колеса b , гибкого колеса g и генератора волн деформации h . Гибкое колесо в форме кольца становится гибким цилиндром. Звено движения представляет собой гибкое кольцо, а гибкий цилиндр служит упругим соединением между деформируемым кольцом и другим жестким недеформируемым передаточным элементом (например, ведомым валом или корпусом). В рассмотренной выше схеме трансмиссии гибкое колесо соединено с валом с помощью гибкого цилиндра. Длина гибкого цилиндра обычно намного больше ширины зубчатого венца, что определяет осевой размер трансмиссии. Кроме того, именно эта часть гибкого колеса затрудняет изготовление [3].

1.5.2 Анализ конструкции ВППТК

Передача волн с промежуточными телами качения (ВППТК) представляет собой симбиотическую взаимосвязь двух типов передачи: ВППТК и ВЗП. По сравнению с этими двумя, ВППТК обеспечивает новые преимущества, такие как более низкий нижний предел передаточного числа по сравнению с волновой передачей. В этих зубчатых передачах, которые производятся серийно в шарикоподшипниковой промышленности, используются шарики или ролики с высокой точностью геометрических размеров, требованиями к шероховатости рабочей поверхности,

термообработкой и высококачественной сталью.



$D_{ш}$ - диаметр шарика; $D_{в}$ - диаметр впадин зубчатого венца; $d_{в}$ - диаметр выступов зубчатого венца; D_0 - наружный диаметр обоймы; d_0 - внутренний диаметр обоймы; D_r - диаметр генератора; a_{ω} - эксцентриситет генератора.

Рисунок – 1.3 Волновая передачи с промежуточными телами качения.

Основой рассматриваемой передачи является конструкция, представленная на рисунке 1.3 Генератор волн, эксцентрик 1, вращается, так что шарик 4 радиально перемещается в канавке обоймы 3. Шарик 4 контактирует с поверхностью зуба жесткого колеса 2. Колесо, обычно такое же, как эксцентриковый генератор, может уменьшить перемещение выходного звена передачи. Выходное звено может быть клеткой с шариками или жесткими колесами, когда одно из них закреплено относительно основного корпуса [3].

Конструкция редуктора может зацеплять с генератором беззазорно, что улучшает его качество в основном за счет точности и долговечности.

Основные технические преимущества ВППТК:

1. Высокий КПД, составляющий 0,8-0,9, а в специальной конструкции - до 0,97.
2. Высокое передаточное число.
3. Высокий крутящий момент на выходном звене, большой резерв перегрузки и высокая жесткость звена движения.
4. Высокая надежность и длительный срок службы.

1.6 Обзор конструкции ручных резьбонарезных машин и резьбонарезных головок

1.6.1 Обзор конструкции ручных резьбонарезных машин

1. Электрический клупп Rothenberger Supertronic 2000



Рисунок – 1.4 Электрический клупп Rothenberger Supertronic 2000

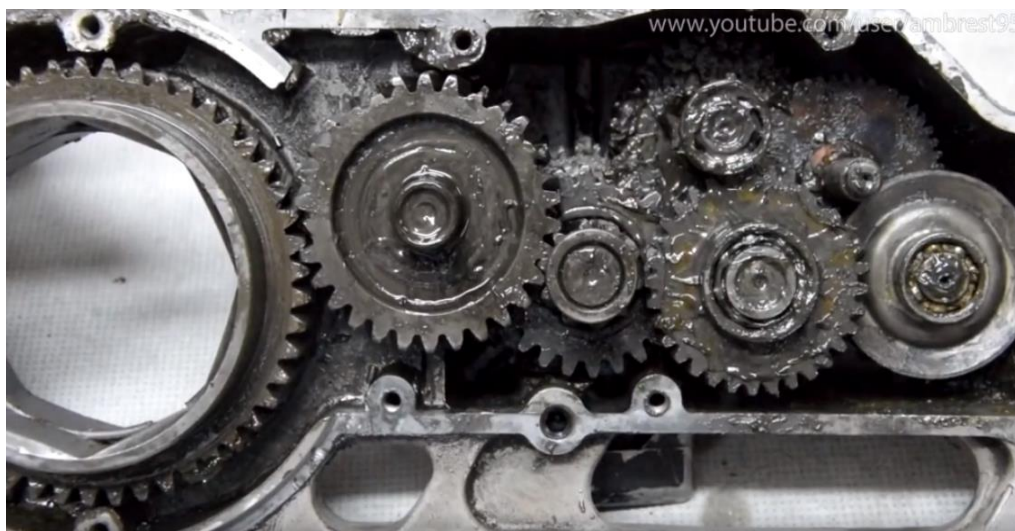


Рисунок – 1.5 Конструкция электрического клуппа Rothenberger Supertronic 2000

Электрический клупп SUPERTRONIC 2000 состоит из электродвигателя, многоступечатого понижающего редуктора, корпуса и приводного кольца.

Данная машина использует многоступенчатый коническо-цилиндрический редуктор

Технические характеристики:

- На трубах диаметром от 1/2 до 2 дюймов (резьбонарезные головки под 1/2" - 3/4" - 1" - 1.1/4" - 1.1/2" - 2").
- Скорость нарезания резьбы: 15 – 25 об./мин;
- Скорость вращения обратном ходу: 60 об./мин;
- Мощность двигателя: 1010 Вт;

2. Клупп электрический резьбонарезной трубный RIDGID 690-I



Рисунок – 1.6 Клупп электрический резьбонарезной трубный

RIDGID 690-I

Преимущества клуппа электрического резьбонарезного RIDGID 690-I:

- Литой алюминиевый корпус привода, армированный стекловолокном прочный пластиковый корпус и рукоять увеличивают срок службы машины;

- Литая ручка и эргономичная форма ручки для максимального контроля;

- Фиксирующий зажим с двумя губками для лучшего захвата и безопасности во время работы;

Особенности клуппа электрического резьбонарезного RIDGID 690-I:

- Литой алюминиевый корпус привода, армированный стекловолокном прочный пластиковый корпус и рукоять увеличивают срок службы машины.

- Литая ручка и эргономичная форма ручки для максимального контроля;

- Система быстрого обслуживания поможет избежать лишних хлопот при установке и разборке матрицы.

Технические характеристики:

- Диаметр труб, дюйм: 1/2 – 2

- Тип резьбы: BSPT

- Мощность, Вт: 1020

- Частота вращения, об/мин: 32-40

3. Электрический резьбонарезной клупп Rotorica Twistor 2 для труб диаметром 1/4 - 2 RT.1322000



Рисунок – 1.7 Электрический резьбонарезной клупп Rotorica Twistor 2 для труб диаметром 1/4 - 2 RT.1322000

Технические характеристики:

- Диаметр труб, дюйм: 1/2 – 2
- Тип резьбы: BSPT
- Мощность, Вт: 1350
- Частота вращения, об/мин: 18-28
- Скорость вращения обратном ходу: 51 об./мин;

Все характеристики электрических резьбонарезной клупп представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Характеристики электрических резьбонарезной клупп

	Rothenberger SUPERTRONIC 2000	Rotorica Twistor 2	RIDGID 690-I
Диаметр труб, дюйм	1/4 - 2	1/2 - 2	1/2 - 2
Мощность, Вт	1010	1350	1020
Частота вращения, об/мин	15 - 25	18-28	32-40
Напряжение, В	220	220	230
Направление резьбы	Правая	Правая	Правая
Тип резьбы	BSPT	BSPT	BSPT

1.6.2 Обзор резьбонарезных головок

Резьбонарезная головка представлена в рисунках 1.8 и 1.9.



Рисунок – 1.8 Резьбонарезная головка RIDGID 11-R



Рисунок 1.9 – Набор резьбонарезной головки

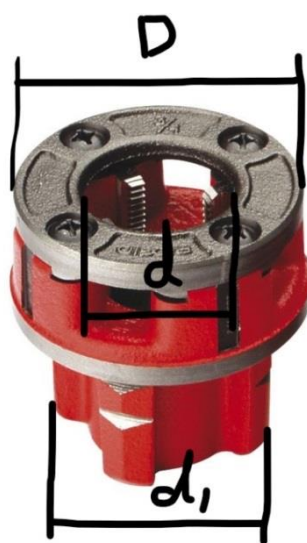


Рисунок 1.10 – Резьбонарезная головка

Резьбонарезная головка предназначена для нарезания резьбы на трубе. Нарезать резьбу с помощью резьбонарезной головки можно с меньшим усилием, чем при помощи плашки для нарезки трубных резьб. Резьбонарезная головка состоит из таких деталей как корпус, верхняя крышка, 4 винта фиксации крышки и комплект резьбонарезных гребёнок (4 штуки). На корпусе резьбонарезных головок пронумерованы все посадочные места для гребёнок. Перед нарезанием резьбы резьбонарезными головками не требуется предварительная обработка поверхности трубы - калибровка и снятие фаски. Подходит как для универсальных трещеток, так и для электроприводов. Параметры резьбонарезной головки представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Параметры резьбонарезной головки

	Головки 11-R				Головки 12-R	
Диаметр труб d, дюйм	1/2	3/4	1	1 1/4	1/ 1/2	2
Диаметр описанной окружности восьмигранника d1, мм	52,57	52,57	52,57	52,57	76	76
Внешний диаметр головки D, мм	55	60	70	80	110	130

1.7 Расчёт конических зубчатых колес и обоснование параметров

1.7.1 Вручную расчёт конических зубчатых колес

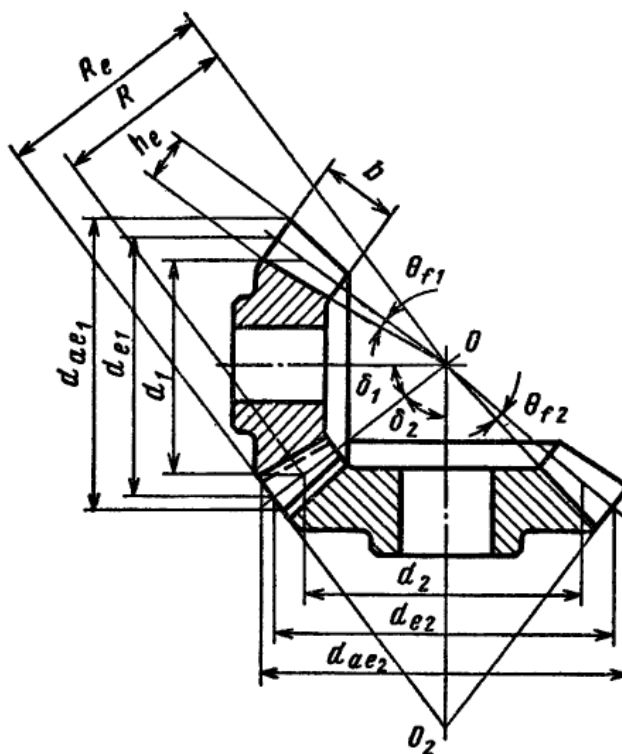


Рисунок 1.11 – Схема конической передачи

Конические прямозубые колеса по ГОСТ 19325-73 и ГОСТ 19624-74 (при $\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ и $\alpha = 20^\circ$) [1, с. 50]:

Таблица 1 – формулы для расчёта конических прямозубых колес

Параметры	Обозначение	Формула
Внешний делительный диаметр	d_{e2}	$d_{e2} = m_e z_2$
Внешнее конусное расстояние	R_e	$R_e = 0,5m_e\sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Ширина зубчатого венца	b	$b \leq 0,3R_e$
Среднее конусное расстояние	R	$R = R_e - 0,5b$
Средний окружной модуль	m	$m = \frac{m_e R}{R_e}$
Средний делительный	d	$d = mz$

диаметр		
Угол делительного конуса	δ	$\delta_2 = \tan^{-1} u;$ $\delta_2 = 90^\circ - \delta_2$
Внешняя высота зуба	h_e	$h_e = 2,2m_e$
Внешняя высота головки зуба	h_{ae}	$h_{ae} = m_e$
Внешняя высота ножки зуба	h_{fe}	$h_{fe} = 1,2m_e$
Угол головки зуба	θ_a	$\theta_{a1} = \theta_{f2}; \theta_{a2} = \theta_{f1}$
Угол ножки зуба	θ_f	$\theta_f = \tan^{-1} \frac{h_{fe}}{R_e}$
Внешний диаметр вершин зубьев	d_{ae}	$d_{ae} = d_e + 2h_{ae} \cos \delta$

Номинальные значения передаточных чисел и желательно округлить по ГОСТ 12289-76: 1; (1,12); 1,25; (1,40); 1,60; (1,80); 2,00; (2,24); 2,50; (2,80); 3,15; (3,55); 4,00; (4,50); 5,00; (5,60); 6,30.

Принимаем передаточное число $\mu = 6.3$; $z_2 = 126$ $z_1 = 20$; Внешний окружной модуль $m_e = 2$; Крутящий момент на выходе $T_1 = 30 \text{ Н} \cdot \text{М}$, получим $T_2 = T_1 \cdot \mu \cdot \eta_{\text{подшипники скольжения}} \cdot \eta_{\text{коническая передача}} = 30 \times 6.3 \times 0,95 \times 0,97 = 173 \text{ Н} \cdot \text{М}$; Выбираем материал конических прямозубых колес – Сталь 45Х, после нормализации, НВ =220.

Полученные значения d_{e2} округляют по ГОСТ 12289—76 (в мм): 50; (56); 63; (71); 80; (90); 100; (112); 125; (140); 160; (180); 200; (225); 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600.⁴⁾

$$d_{e2} = m_e z_2 = 2 \times 126 = 252 \text{ мм, принимаем } d_{e2} = 250 \text{ мм}$$

Согласно ГОСТу 12289-76, ширина зубчатого венца $b=36 \text{ мм}$.

$$R_e = 0,5m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = 0,5 \times 2 \times \sqrt{20^2 + 126^2} = 127,58 \text{ мм}$$

$$R = R_e - 0,5b = 127,58 - 0,5 \times 36 = 109,58 \text{ мм}$$

$$m = \frac{m_e R}{R_e} = \frac{2 \times 109,58}{127,58} = 1,71 \text{ мм}$$

$$d_1 = mz_1 = 1,71 \times 20 = 34,2 \text{ мм};$$

$$d_2 = mz_2 = 1,71 \times 126 = 215,5 \text{ мм}$$

Расчёт конических прямозубых колес на контактную прочность определяем на следующей формуле:

$$\sigma_H = \frac{335}{R_e - 0,5b} \sqrt{\frac{T_2 K_H \sqrt{(\mu^2 + 1)^3}}{b u^2}} [3, \text{ с. 47}]$$

Здесь R_e — внешнее конусное расстояние, мм; K_H — коэффициент нагрузки, принимаемый таким же, как и для цилиндрических прямозубых передач, при условии, что степень точности конических колес на единицу выше, чем цилиндрических; T_2 — вращающий момент на колесе, Н·мм; b — ширина зубчатого венца, мм.

Коэффициент нагрузки K_H представляет собой произведение трех частных коэффициентов, определяемых так же, как и для цилиндрических косозубых колес: [3, с. 49]

$$K_H = K_{H\beta} K_{H\alpha} K_{Hv}$$

где $K_{H\alpha}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями; для прямозубых колес принимают $K_{H\alpha} = 1,0$; $K_{H\beta}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца. Принимаем $K_{H\beta} = 1,0$; Динамический коэффициент K_{Hv} определяют в зависимости от окружной скорости v колес и степени точности их изготовления. Для прямозубых колес при v до 5 м/с следует назначать 8-ю степень точности по ГОСТ 1643 — 81; при этом $K_{Hv} = 1,05 \div 1,10$. Принимаем $K_{Hv} = 1,05$.

$$K_H = K_{H\beta} K_{H\alpha} K_{Hv} = 1,05 \times 1 \times 1,05 = 1,1025$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{H}} &= \frac{335}{R_e - 0.5b} \sqrt{\frac{T_2 K_H \sqrt{(\mu^2 + 1)^3}}{bu^2}} \\ &= \frac{335}{127,58 - 0.5 \times 36} \sqrt{\frac{173000 \times 1,1025 \times \sqrt{(6,3^2 + 1)^3}}{36 \times 6,3^2}} \\ &= 570 \text{ МПа,}\end{aligned}$$

Допускаемое контактное напряжение определяют при проектировочном расчете по формуле:

$$[\sigma_{\text{H}}] = \frac{\sigma_{\text{H limb}} K_{\text{HL}}}{[S_{\text{H}}]}$$

Где $\sigma_{\text{H limb}}$ — предел контактной выносливости при базовом числе циклов, $\sigma_{\text{H limb}} = 2 \times 220 + 70 = 510 \text{ МПа}$ K_{HL} — коэффициент долговечности; $K_{\text{HL}} = 2.6$. [3, с. 33]; $[S_{\text{H}}]$ — коэффициент безопасности; для колес из нормализованной и улучшенной стали, а также при объемной закалке принимают $[S_{\text{H}}] = 1,1-1,2$; при поверхностном упрочнении зубьев $[S_{\text{H}}] = 1,2-1,3$. Принимаем $[S_{\text{H}}] = 1,2$. [3, с. 33]

$$[\sigma_{\text{H}}] = \frac{\sigma_{\text{H limb}} K_{\text{HL}}}{[S_{\text{H}}]} = \frac{510 \times 2,6}{1,2} = 1105 \text{ МПа,}$$

Проверка:

$$\sigma_{\text{H}} = 570 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{H}}] = 1105 \text{ МПа,}$$

,

Расчёт конических прямозубых колес на контактную прочность определяем на следующей формуле: [3, с. 50]

$$\sigma_{\text{F}} = \frac{F_{\text{t}} K_{\text{F}} Y_{\text{F}}}{\vartheta_{\text{F}} b m}$$

Где K_{F} — коэффициент нагрузки при расчете на изгиб, выбираемый так же, как и для цилиндрических прямозубых колес [3, с. 42];

$$K_{\text{F2}} = K_{\text{F}\beta} K_{\text{Fv}} = 1,03 \times 1,2 = 1,236;$$

F_{t} — окружная сила, которую считают приложенной по касательной

к средней делительной окружности: [3, с. 51],

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}$$

Y_F — коэффициент формы зубьев, выбираем $Y_F = 3,61$ [3, с. 42];
 $\vartheta_F \approx 0,85$ — опытный коэффициент, учитывающий понижение нагрузочной способности конической прямозубой передачи по сравнению с цилиндрической; m — средний модуль.

$$\sigma_F = \frac{F_t K_F Y_F}{\vartheta_F b m} = \frac{\frac{2 \times 173000}{34,2} \times 1,236 \times 3,61}{0,85 \times 36 \times 1,71} = 863,1 \text{ МПа}$$

Согласно госту 21354-87 допускаемое напряжение сталь 45х :

$$[\sigma_F] = 6,5 \times HB = 6,5 \times 220 = 1430 \text{ МПа}$$

Проверка:

$$\sigma_F = 863,1 \text{ МПа} \leq [\sigma_F] = 1430 \text{ МПа}$$

1.7.2. Расчёты параметров конической передачи в Компас19

Расчёты параметров конической передачи в Компас19 представлены в рисунках 12-27:

При условии: число зубьев шестерни $Z_1=20$, число зубьев колес $Z_2=126$ внешний окружной модуль $m_e=2$, степень точности 7-С.

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Внешний диаметр вершин, мм	d_{ae1}, d_{ae2}	45.689	252.351
Диаметр вершин со срезом, мм	d'_{ae1}, d'_{ae2}	45.689	252.351
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Величина преднамеренного смещения измерительного сечения, мм	l''_{x1}, l''_{x2}	-0.001	0
Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения, мм	l_{x1}, l_{x2}	$l''_{x1} \leq 18 \leq \frac{b}{2}$	$l''_{x2} \leq 18 \leq \frac{b}{2}$

OK Справка

Рисунок 1.12 – Параметры прямозубых колес 1

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,44	-0,44
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,06	-0,06
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	$*1$	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	$*2$	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,091	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	354,154	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1317,802	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050	1050
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	0,797	0,797
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,241	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	425,458	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1005,59	1013,119
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,052	1,044

Рисунок 1.13 – Параметры расчётов 1 в Компас19-1.1

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колесо	Ведомое * ² колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,44	-0,44
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,06	-0,06
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	* ¹	Сталь 45Х ГОСТ 4543-2016	
	* ²	Сталь 45Х ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,091	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	354,154	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1317,802	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2332	2332
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,77	1,77
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,241	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	425,458	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1005,59	1013,119
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,052	1,044

Рисунок 1.14 – Параметры расчётов 1 в Компас19-1.2

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,44	-0,44
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,06	-0,06
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	\ast^1	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
	\ast^2	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	60	60
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,63	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,211	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	461,911	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1504,989	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2640	2640
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,754	1,754
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	2	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,241	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10070,913	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	559,737	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1322,964	1332,87
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,209	1,2

Рисунок 1.15 – Параметры расчётов 1 в Компас19-1.3

При условии: число зубьев шестерни $Z_1=20$, число зубьев колес $Z_2=126$ внешний окружной модуль $m_e=2,5$, степень точности 7-С.

Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Внешний диаметр вершин, мм	d_{ae1}, d_{ae2}	57.111	315.439
Диаметр вершин со срезом, мм	d'_{ae1}, d'_{ae2}	57.111	315.439
Ширина зубчатого венца, мм	b	45	
Величина преднамеренного смещения измерительного сечения, мм	l''_{x1}, l''_{x2}	0	0
Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения, мм	l_{x1}, l_{x2}	$l''_{x1} \leq 22.5 \leq \frac{b}{2}$	$l''_{x2} \leq 22.5 \leq \frac{b}{2}$

OK Справка

Рисунок 1.16 – Параметры прямозубых колес 2

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра	Ведущее *1 колесо	Ведомое *2 колесо
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	z_1, z_2	20 126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"
Ширина зубчатого венца, мм	b	45
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,44 -0,44
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,06 -0,06
Степень точности	—	7-C 7-C
Вариант схемы расположения передачи	—	
Марка материала	*1 *2	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013 Сталь 45 ГОСТ 1050-2013
Твёрдость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30 30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40
<i>Определяемые параметры</i>		
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09
<i>Расчёт на контактную прочность</i>		
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,127
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,001
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8056,73
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	226,728
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	943,087
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050 1050
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,113 1,113
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>		
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,337
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8056,73
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	272,476
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	515,208 519,065
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FFmax}	1058 1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	2,054 2,038

Рисунок 1.17 – Параметры расчётов 2 в Компас19-2.1

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ копесо	Ведомое * ² копесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	45	
Коеффициент смещения исходного контура	x	+0,44	-0,44
Коеффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_τ	+0,06	-0,06
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	* ¹	Сталь 45X ГОСТ 4543-2016	
	* ²	Сталь 45X ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем копесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего копеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09	
Расчёт на контактную прочность			
Коеффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,127	
Коеффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8056,73	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	226,728	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	943,087	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2332	2332
Коеффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	2,473	2,473
Расчёт на прочность при изгибе			
Коеффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,337	
Коеффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8056,73	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	272,476	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	515,208	519,065
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1058	1058
Коеффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	2,054	2,038

Рисунок 1.18 – Параметры расчётов 2 в Компас19-2.2

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	126
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	45	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,44	-0,44
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,06	-0,06
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	*1	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
	*2	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	60	60
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,63	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,295	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8056,73	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	295,785	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1077,178	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2640	2640
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	2,451	2,451
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	2	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,337	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8056,73	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	358,414	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	677,703	682,778
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	2,361	2,343

Рисунок 1.19 – Параметры расчётов 2 в Компас19-2.3

При условии: число зубьев шестерни $Z_1=20$, число зубьев колес $Z_2=100$ внешний окружной модуль $m_e=2$, степень точности 7-С.

Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Внешний диаметр вершин, мм	d_{ae1}, d_{ae2}	45.648	200.439
Диаметр вершин со срезом, мм	d'_{ae1}, d'_{ae2}	45.648	200.439
Ширина зубчатого венца, мм	b	28	
Величина преднамеренного смещения измерительного сечения, мм	l''_{x1}, l''_{x2}	0	0
Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения, мм	l_{x1}, l_{x2}	$l''_{x1} \leq 14 \leq \frac{b}{2}$	$l''_{x2} \leq 14 \leq \frac{b}{2}$

OK

Справка

Рисунок 1.20 – Параметры прямозубых колес 3

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	28	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	^{*1}	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	^{*2}	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твёрдость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,093	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10026,443	
Удельная расчётная окружная сила, Н/мм	w_{Hi}	456,568	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1501,241	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050	1050
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	0,699	0,699
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,247	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10026,443	
Удельная расчётная окружная сила, Н/мм	w_{Fi}	544,54	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1277,203	1288,089
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FFmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	0,828	0,821

Рисунок 1.21 – Параметры расчётов 3 в Компас19-3.1

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	28	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	*1	Сталь 45X ГОСТ 4543-2016	
	*2	Сталь 45X ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,093	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10026,443	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	456,568	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1501,241	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2332	2332
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,553	1,553
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,247	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10026,443	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	544,54	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1277,203	1288,089
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	0,828	0,821

Рисунок 1.22 – Параметры расчётов 3 в Компас19-3.2

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	28	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	*1	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
	*2	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	60	60
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,072	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,63	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,216	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	10026,443	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	595,462	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1714,45	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2640	2640
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,54	1,54
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	2	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,247	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	10026,443	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	716,422	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	1680,347	1694,669
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	0,952	0,944

Рисунок 1.23 – Параметры расчётов 3 в Компас19-3.3

При условии: число зубьев шестерни $Z_1=20$, число зубьев колес $Z_2=100$ внешний окружной модуль $m_e=2,5$, степень точности 7-С.

Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Внешний диаметр вершин, мм	d_{ae1}, d_{ae2}	57.011	250.559
Диаметр вершин со срезом, мм	d'_{ae1}, d'_{ae2}	57.011	250.559
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Величина преднамеренного смещения измерительного сечения, мм	l''_{x1}, l''_{x2}	0	0
Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения, мм	l_{x1}, l_{x2}	$l''_{x1} \leq 18 \leq \frac{b}{2}$	$l''_{x2} \leq 18 \leq \frac{b}{2}$

OK

Справка

Рисунок 1.24 – Параметры прямозубых колес 4

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	$*1$	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	$*2$	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,129	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Hi}	285,456	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1064,148	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050	1050
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	0,987	0,987
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,343	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Fi}	340,561	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	641,94	647,411
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FFmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,648	1,634

Рисунок 1.25 – Параметры расчётов 4 в Компас19-4.1

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	$*^1$	Сталь 45Х ГОСТ 4543-2016	
	$*^2$	Сталь 45Х ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,25	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,129	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	285,456	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1064,148	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2332	2332
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	2,191	2,191
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,52	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,343	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	340,561	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	641,94	647,411
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1058	1058
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,648	1,634

Рисунок 1.26 – Параметры расчётов 4 в Компас19-4.2

Таблица 1. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки конической передачи с прямыми зубьями

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} колесо	Ведомое ^{*2} колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	100
Внешний окружной модуль, мм	m_e	2,5	
Межосевой угол передачи	Σ	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36	
Коэффициент смещения исходного контура	x	+0,43	-0,43
Коэффициент изменения расчётной толщины зубьев исходного контура	x_t	+0,05	-0,05
Степень точности	—	7-С	7-С
Вариант схемы расположения передачи	—		
Марка материала	*1	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
	*2	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	60	60
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	173	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	40	
Определяемые параметры			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,09	
Расчёт на контактную прочность			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,63	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,3	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	372,37	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	1215,401	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	2640	2640
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	2,172	2,172
Расчёт на прочность при изгибе			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	2	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,343	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	8057,789	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	447,998	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	844,453	851,651
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	1,895	1,879

Рисунок 1.27 – Параметры расчётов 4 в Компас19-4.3

Из рисунков-таблиц 1.12-1.27 видно что для варианта расчёта 3 расчетные напряжения изгиба и расчётные контактные напряжения превышают допускаемые поэтому этот вариант не подходит. Варианты 1, 2 и 4 годны. В варианте расчёта 1 целесообразно применять материалы сталь 45Х и сталь12ХН3А, при условиях: передаточное число $\mu = 6,3$, модуль $m_e = 2$. В варианте расчёта 2 целесообразно применять материалы сталь 45, сталь 45Х и сталь12ХН3А, при условиях: передаточное число $\mu = 6,3$, модуль $m_e = 2.5$. В варианте расчёта 4 целесообразно применять

материалы сталь 45Х и сталь 12ХН3А, при условиях: передаточное число $\mu = 5$, модуль $m_e = 2.5$. Выбрали 4 подходящих варианта из всех расчётов. Результаты расчётов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты расчётов параметров конической передачи

		Свой расчёт		Расчёт от компас 19 -1		Расчёт от компас 19 -2		Расчёт от компас 19 -4	
Ширина зубчатого венца, мм	b	36		36		45		36	
Марка материала		Сталь 45Х		Сталь 12ХН3А		Сталь 45		Сталь 12ХН3А	
Число зубьев	Z1, Z2	20	126	20	126	20	126	20	100
Внешний модуль	m_e	2		2		2.5		2.5	
Диаметр шестерни и колес	d1, d2 mm	40	250	40	250	50	315	50	250
Вид механической передачи		ВППТК (i=59)		ВППТК (i=59)		ВЗП (i=80)		ВЗП (i=80)	
Чистота вращения колеса	n, об/мин	40		37		37		40	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	570		1505		943		1215	
Допусковое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1105		2640		1050		2640	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	863.1		1323		515		844	
Допусковое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1430		1600		1058		1600	

Параметры конической передачи которая будет использоваться в резьбонарезной насадке для существующего привода ручной машины($i=59$) представлены в первом столбце таблицы. Также параметры конической передачи представленные во втором столбце таблицы подходят для применения, но этот вариант будет дороже чем первый из-за применения более дорого материала. Коническая передача с параметрами, представленными в третьем столбце таблицы также может использоваться, но в этом случае увеличиваются габаритные размеры устройства.

Вывод по разделу

1. В существующих конструкциях резьбонарезной машины частота вращения резьбонарезной головки составляет $n=15...25$ об/мин (Роттенбергер), $n=32...40$ об/мин (Rigid)

2. Номинальная частота вращения коллекторного двигателя составляет $n=13000...15000$ об/мин.

3. В приводе ручной машины электробур используется редуктор с ПТК с передаточным числом 59. Для получения рациональных оборотов на рабочем органе, в резьбонарезной насадке необходимо использовать коническую передачу с передаточным отношением 6,3.

4. Технические расчеты параметров резьбонарезной машины подтверждают возможность создания многофункционального привода на базе коллекторного двигателя, выполняющего функции бурения почвы и нарезания резьбы.

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Разработка кинематической схемы резьбонарезной машины

В таблице 1.1 показано, что В существующих конструкциях резьбонарезной машины частота вращения резьбонарезной головки составляет $n=15\ldots 25$ об/мин (Роттенбергер), $n=32\ldots 40$ об/мин (Rigid)

Номинальная частота вращения коллекторного двигателя составляет $n=13000\ldots 15000$ об/мин (При приложении крутящего момента, превышающего номинальный, к рабочему органу, частота вращения двигателя может снизиться до $n=11000$ об/мин). Передаточное число волновой передачи с ПТК равно 59, а передаточное число ВЗП равно 80.

$$i_{\text{привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{рабочий орган}}}$$
$$i_{\text{max привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{min рабочий орган}}} = \frac{15000}{15} = 1000$$
$$i_{\text{min привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{max рабочий орган}}} = \frac{15000}{40} = 375$$

Так как $i_{\text{привода}} = i_{\text{ВПТК}} \times i_{\text{кп}}$ или $i_{\text{привода}} = i_{\text{ВЗП}} \times i_{\text{кп}}$, где $i_{\text{ВПТК}}$ - Передаточное число волновой передачи с ПТК, $i_{\text{кп}}$ - Передаточное число конической передачи.

Для редуктора с ВПТК:

$$i_{\text{кп max}} = \frac{i_{\text{max привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{1000}{59} = 17$$
$$i_{\text{кп min}} = \frac{i_{\text{min привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{375}{59} = 6.3$$

Для редуктора с ВЗП:

$$i_{\text{кп max}} = \frac{i_{\text{max привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{1000}{80} = 10,5$$
$$i_{\text{кп min}} = \frac{i_{\text{min привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{375}{80} = 4,7 \approx 5$$

Согласно ГОСТу 12289-76 номинальные значения передаточных чисел конической передачи и желательно округлить: 1; (1,12); 1,25; (1,40);

1,60; (1,80); 2,00; (2,24); 2,50; (2,80); 3,15; (3,55); 4,00; (4,50); 5,00; (5,60);
6,30. Разработали 2 схемы конструкции резьбонарезной насадки:

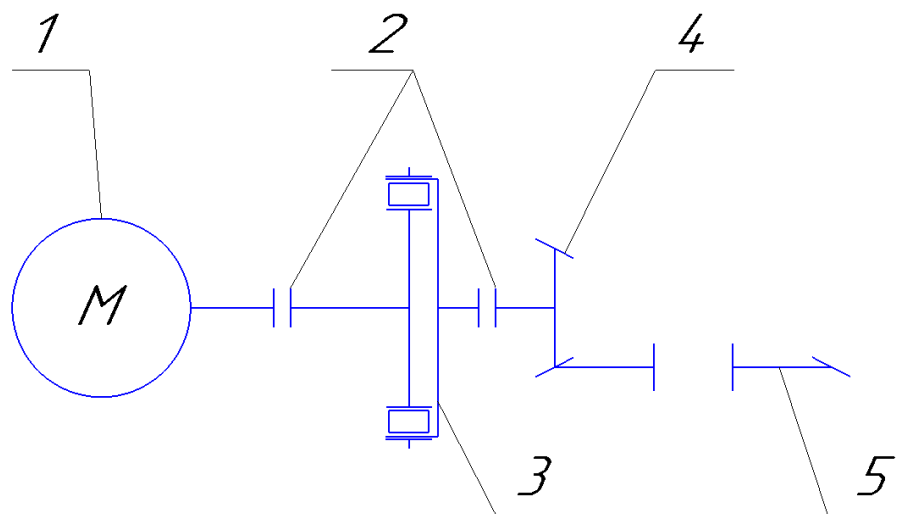


Рисунок 2.1 – Кинематическая схема резьбонарезной РМ с ВППТК

1 – электронный двигатель; 2 – соединительные муфты;

3 – волновой редуктор с ПТК;

4 – коническая шестерня; 5 – коническое колесо.

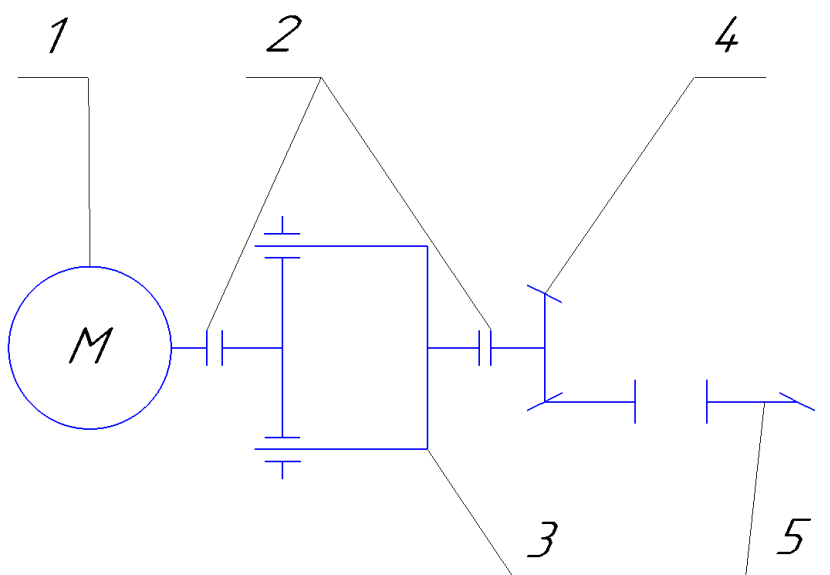


Рисунок 2.2 – Кинематическая схема резьбонарезной РМ с ВЗП

1 – электронный двигатель; 2 – соединительные муфты;

3 – редуктор с волновой зубчатой передачей;

4 – коническая шестерня; 5 – коническое колесо.

2.2 Разработка эскиза конструкции резьбонарезной насадки

Эскиз сборочного чертежа резьбонарезной насадки с конической передачей с параметрами из таблицы 1.2 (материал 45Х, $i=6.3$) представлен на рисунках 2.3 - 2.5. Самая большая головка с диаметром 130 мм для нарезания двухдюймовой резьбы также показана пунктиром на рисунках 2.3 и 2.5.

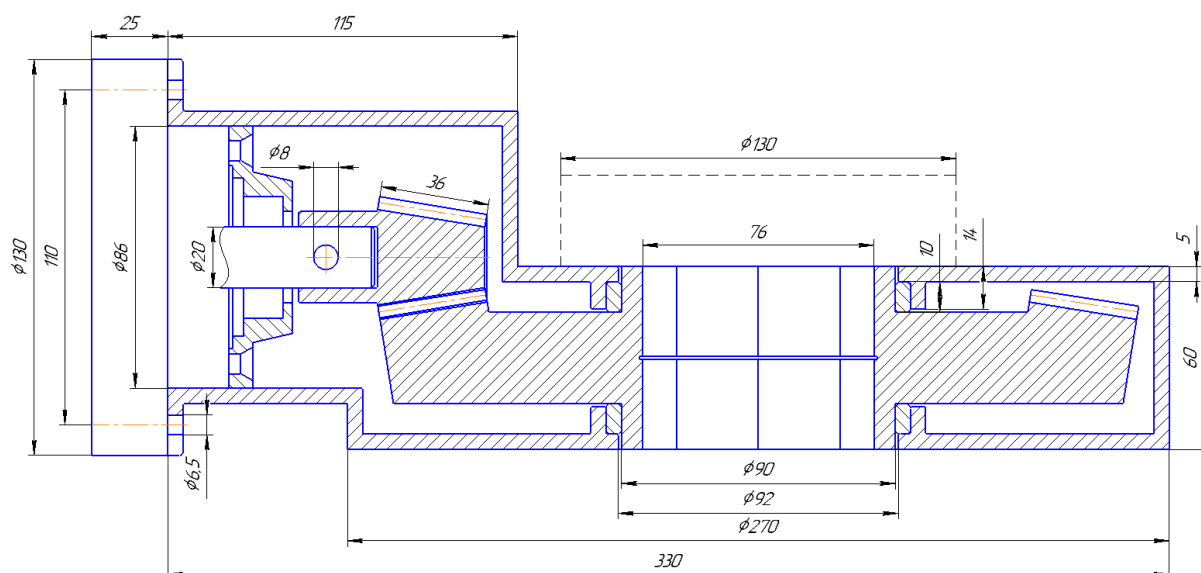


Рисунок 2.3 – Эскиз конической передачи

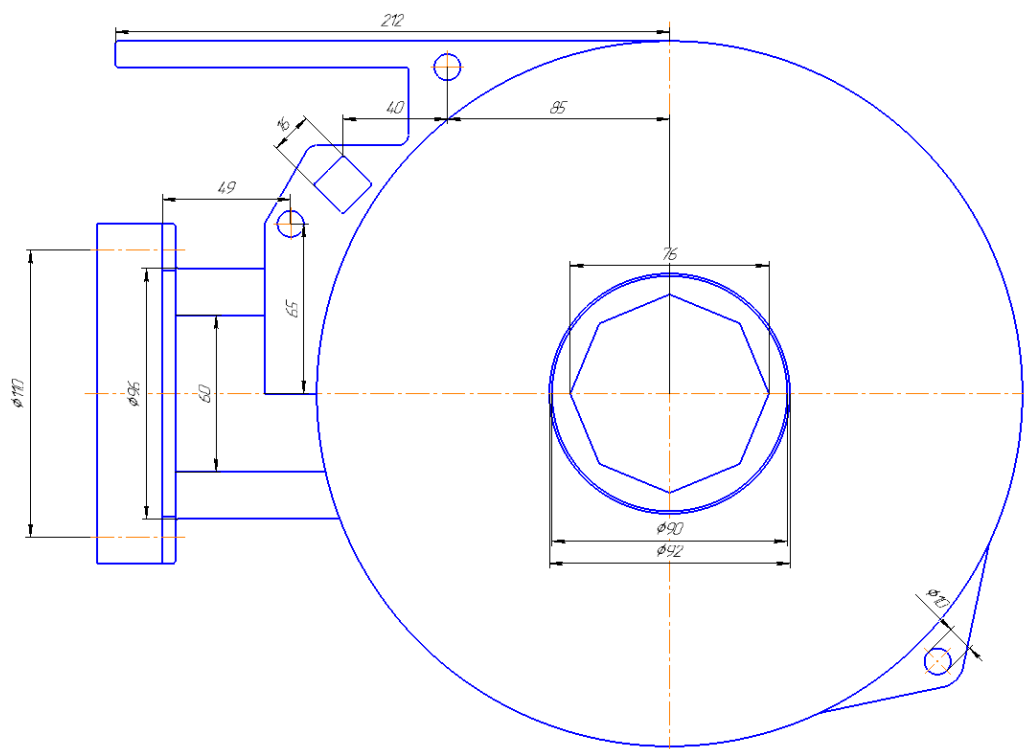


Рисунок 2.4 – Эскиз конической передачи переднего вида

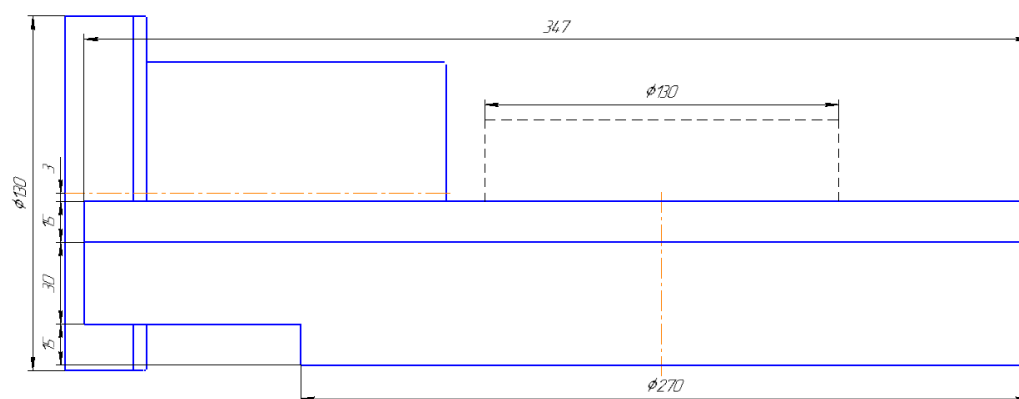


Рисунок 2.5 – Эскиз конической передачи вид сверху

2.3 Разработка 3D модель корпуса

3D модель конической насадки представлены на рисунках 2.6 и 2.7.

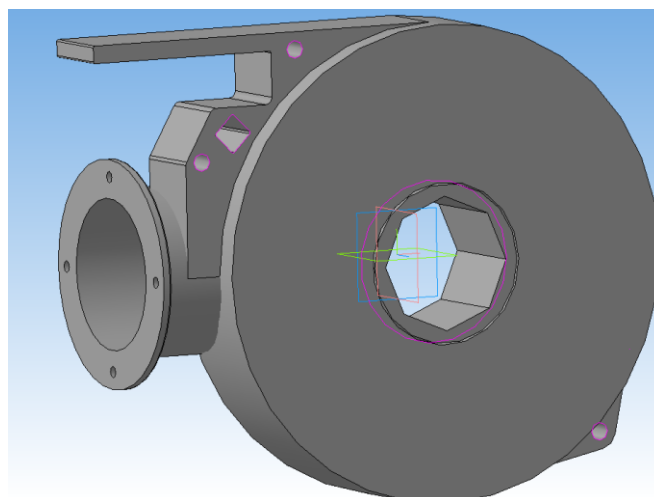


Рисунок 2.6 – 3D модель корпуса 1

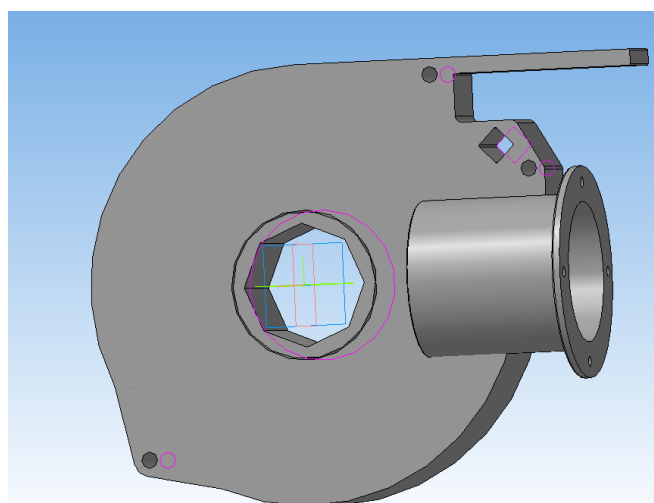


Рисунок 2.7 – 3D модель корпуса 2

Последовательность сборки резьбонарезной машины описанна ниже.

На выходной вал привода устанавливается коническая шестерня.

Корпус резьбонарезной насадки состоит из 2 частей, сначала устанавливается первая часть корпуса, в которой размещено коническое колесо, затем устанавливается вторая часть, крышка корпуса.

Коническое колесо в корпусе насадки монтируется на подшипники скольжения. Квадратное отверстие предназначено для струбицы, которая используется при нарезании резьбы для фиксации положения резьбонарезной машины.

В восьмигранное отверстие вставляется резьбонарезной клупп. Для не больших клуппов предусмотрен переходник с размера 12-R на 11-R.

Вывод по разделу:

1. Разработана кинематические схемы РМ, обеспечивающие работу устройства в требуемом режиме.
2. Определены сочетания передаточных чисел механических передач, применяемых в приводе ручной резьбонарезной машины.
3. Установлено, что в приводе ручной резьбонарезной машины может использоваться как волновая зубчатая передача (ВЗП) так и передача с промежуточными телами качения (ПТК).
4. Установлено, что коническая передача может использоваться на тихоходной ступени редуктора при заданном передаточном отношением.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4AM91	Лю Имин

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		08.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM91	Лю Имин		08.02.2021

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Разработка ручной машины для нарезания резьбы;
- 2) Нарезание резьбы на токарных станках.

В таблице 3.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Трещиностойкость	0,14	4	3	3	0,7	0,42	0,42
3. Ударопрочность	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с подложкой	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота изготовления	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	43	38	37	4,37	3,74	3,59

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (3.1)$$

где:

K – конкурентоспособность проекта;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя;

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

3.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы

для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая технологичность и производительность бурения отверстий электробуром.	Сл1. Для работы требуется наличие электричества.
С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы.	Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор.
С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган.	Сл3. Длина питающего кабеля.
С4. Легкость конструкции.	Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
Возможности	Угрозы
В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций.	У1. Появление новых более технологичных машин.
В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	У2. Отсутствие спроса.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.3–3.6.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	+	+
	В2	-	-	+	+

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	-
	B2	+	-	+	+

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	Y1	+	+	-	+
	Y2	-	-	+	-

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	Y1	+	+	+	-
	Y2	+	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Высокая технологичность и производительность нарезания резьбы. С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Легкость конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Для работы требуется наличие электричества. Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор. Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя.
Возможности В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций. В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	В1В2С3С4 В1С1С3С4 В2С3С4	В2Сл1Сл3Сл4
Угрозы У1. Снижение	У1С1С2С4	У1Сл1Сл2Сл3 У1У2Сл1

стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.		
--	--	--

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (3.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные

дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.5)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования











Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	5
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	3,4	6
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	12
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	6,8	11

6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	26
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,8	6
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	14
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	71,8	113

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.


На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	5												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	6												
3	Обзор научной литературы	Исп2	12												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	11												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	26												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	6												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	14												

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образца. Результаты расчета затрат представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			4690

Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов: <https://papirus-tomsk.ru>, <https://mvideo.ru>.

3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался

ПЭВМ - Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30	30
Итого		30 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.6)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \times m \quad (3.7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей

системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \times T_p \quad (3.8)$$

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дней.
(по таблице 3.9. для инженера: $T_{p2} = 69$ дней, для руководителя: $T_{p1} = 11$ дней).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 3.9:

$$З_{дн} = \frac{З_m \times M}{F_d} \quad (3.9)$$

Где:

$З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дней (в данном случае $F_d = 247$ дней);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц определяется по формуле 3.10:

$$З_m = З_{мс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p \quad (3.10)$$

Где:

$З_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб (для руководителя

$З_{мс1} = 28600$ руб, а для инженера $З_{мс2} = 11280$ руб.);

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томск);

По формуле 3.10 определяется должностной оклад руководителя за месяц:

$$З_{м1} = З_{мс1} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = 28600 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ = 55770 \text{ руб}$$

По формуле 3.10 определяется должностной оклад инженера за месяц:

$$З_{м2} = З_{мс2} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = 11280 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ = 21996 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата у руководителя рассчитывается по формуле 3.9:

$$З_{дн1} = \frac{З_m \times M}{F_d} = \frac{55770 \times 10,3}{247} = 2325,63 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата у инженера рассчитывается по формуле 3.9:

$$З_{дн2} = \frac{З_m \times M}{F_d} = \frac{21996 \times 11,2}{247} = 997,40 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 3.8:

$$З_{осн1} = З_{дн1} \times T_{p1} = 2325,63 \times 11 = 25581,93 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера рассчитывается по формуле 3.8:

$$З_{осн2} = З_{дн2} \times T_{p2} = 997,40 \times 69 = 68820,6 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на общую основную заработную плату составляют:

$$З_{осн\text{ обще}} = З_{осн1} + З_{осн2} = 25581,93 + 68820,6 = 94402,53 \text{ руб.}$$

Перечисленные информации представляются в таблице 3.13:

Таблица 3.13 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$З_{мс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, руб	T_p , дн	$З_{осн}$, руб.
-------------	----------------	----------	-------	-------	-------------	----------------	------------	------------------

НИ								
Руководитель	28600	0,3	0,2	1,3	55770	2325,36	11	25581,93
Инженер	11280	0,3	0,2	1,3	21996	997,40	69	68820,6
Итого:								94402,53

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} = 0,15 * 25581,93 = 3837,3 \text{ руб} \quad (3.12)$$

для инженера:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} = 0,15 * 68820,6 = 10323,1 \text{ руб}, \quad (3.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

$$З_{\text{доп общ}} = З_{\text{доп1}} + З_{\text{доп2}} = 3837,3 + 10323,1 = 14160,4 \text{ руб.}$$

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

для руководителя

$$З_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}} (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3(25581,93 + 3837,3) = 8825,8 \text{ руб} \quad (3.14)$$

для инженера:

$$З_{\text{внеб2}} = K_{\text{внеб}} (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3(68820,6 + 10323,1) = 23743,1 \text{ руб} \quad (3.15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Таким образом, общая дополнительная заработная плата

составляется:

$$З_{\text{внеб общ}} = З_{\text{внеб1}} + З_{\text{внеб2}} = 8825,8 + 23743,1 = 32568,9 \text{руб.}$$

3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

3.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 3.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
2475	4690	94402,5	14160,4	32568,9	148296,77	23727,48	172024,25

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Выбор и обоснование параметров резьбонарезной ручной машины» по форме, приведенной в таблице 3.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 3.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	4690 69	9000.2	15945

2	Затраты на специальное оборудование	2475	30158,6	44453
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94402,5	148391	148391
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14160,4	22258,7	22358,7
5	Отчисления во внебюджетные фонды	32568,9	51194,9	51294,9
6	Накладные расходы	23727,48	49776,6	49776,6
Бюджет затрат НИР		172024,25	310780	332219,2

Где:

Исп.2 – Аналог 1

Исп.3- Аналог 2

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

3.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трехвариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Разработка ручной машины для нарезания резьбы;

2) Нарезание резьбы на токарных станках.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 172024,25 \text{ руб.}$, $\Phi_{\text{исп.1}} = 310780 \text{ руб.}$, $\Phi_{\text{исп.2}} = 332219,2 \text{ руб.}$

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{172024,25}{332219,2} = 0,52$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{310780}{332219,2} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{332219,2}{332219,2} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

3.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Варианты выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	5	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	4	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	4
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,85	4,15	4,35

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_{p}^{\text{текущ.проект}} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,15 \times 5 = 4,85$$

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{p}^{\text{текущ.проект}} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,3 \times 4 + 0,15 \times 5 = 4,15$$

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для третьего конкурентного проекта:

$$I_{p}^{\text{текущ.проект}} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,3 \times 4 + 0,15 \times 5 = 4,35$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект с большим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

3.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Основании показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей по формуле 3.18:

$$I_{\text{эф.}i} = \frac{I_{p}^{\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (3.18)$$

Где:

$I_{эф.i}$ – интегральный показатель эффективности i -ого варианта разработки;

$I_r^{исп.i}$ – интегральный показатель ресурсной эффективности i -ого варианта разработки;

$I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель i -ого варианта разработки;

По формуле 3.18 определяется интегральный показатель эффективности для текущего проекта:

$$I_{эф.текущ.проект} = \frac{I_r^{текущ.проект}}{I_{финр}^{текущ.проект}} = \frac{4,85}{0,52} = 9,32$$

По формуле 3.18 определяется интегральный показатель эффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{эф.исп.2} = \frac{I_r^{исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,15}{0,94} = 4,42$$

По формуле 3.18 определяется интегральный показатель эффективности для третьего конкурентного проекта:

$$I_{эф.исп.3} = \frac{I_r^{исп.3}}{I_{финр}^{исп.3}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.52	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,15	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	9,32	4,42	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	73 1	0,57	0,56

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 113 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, составляет 103 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, составляет 16 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 172024,25 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0.52, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,85, по сравнению с 4,15 и 4,5;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 9,32 по сравнению с 4,42 и 4,5, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ91	Лю Имин

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

Тема ВКР:

Выбор и обоснование параметров ручной резьбонарезной машины	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: Насадка для нарезания резьбы</p> <p>Область применения: малое предприятие машиностроительной отрасли</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные факторы и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; Повышенный уровень вибраций – движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования – электрический ток; – отлетающие кусочки металла, абразивного материала;
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу: токсичные выбросы, неразлагающийся мусор. – способы утилизации отходов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – пожар в здании
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2021	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ91	Лю Имин		23.03.2021

Введение

Данный раздел ВКР посвящен анализу и разработке мер по обеспечению благоприятных и безопасных для творческой работы инженера-технолога условий труда. Здесь рассмотрены вопросы производственной безопасности, эргономики, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

Большая часть экспериментов проводилась в тимакове 12, 16А корпусе ТПУ, в аудитории № 203.

В данной работы были выполнены расчёты параметров конической передачи для нарезания резьбы; разработаны схема насадки (корпус; коническая шестерня; коническое колесо); изготовлены детали(корпус; коническая шестерня; коническое колесо);

В ходе проведения эксперимента неизбежно будут возникать факторы, вредные для человеческого организма, такие как вибрация токарного станка, шум во время обработки и опасность химических веществ (СОЖ) и т.д.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка), связанного непосредственно с изготовлением заготовки для изучения.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для рабочих должны проводиться мероприятия по вопросам обеспечения безопасного труда. В систему таких мероприятий должны входить:

Постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;

Переход от ручной работы к механизированной;

Безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;

Знание и соблюдение техники безопасности;

Безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;

Постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений (соблюдение норм предельно допустимого количества абразива в воздухе и паров химических веществ);

Регулярные медицинские осмотры;

Соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;

Соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;

Доступ к системе водоснабжения, санузлу;

Регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;

Оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы, холодильник, микроволновая печь, электрический чайник);

Доступ к питьевой воде.

4.2. Производственная безопасность

4.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в виде таблицы 4.2.1.

Таблица 4.2.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб о	Изгото в	Эксплу а	
1.Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
2. Превышение уровня шума;		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88
3. Повышенный уровень вибраций;	+	+	+	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4.Отсутствие или недостаток естественного света;	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны;		+	+	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты
6. Эмоциональные нагрузки;	+	+	+	от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность.
7. Анализ электробезопасности	+	+	+	Защитное заземление, зануление. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.
8.Повышенные температуры материалов;	+	+	+	О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).

4.2.2 Анализ показателей микроклимата

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88. Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

Температура воздуха t , °С;

Относительная влажность воздуха ϕ , %;

Скорость движения воздуха на рабочем месте v , м/с.

Движение воздуха в помещениях – это важный фактор, влияющий на тепловое самочувствие человека. Движение воздуха оказывает различное действие на организм в тёплый и холодный период года. Так, в жарком помещении оно улучшает состояние организма, так как способствует увеличению отдачи теплоты, но при низкой температуре оказывает неблагоприятное воздействие. Можно сделать вывод, что для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам к операторам, относится к категории средних работ, 2б – работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2 – Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	21	18-27	62	65	0,16	0,2
Холодный	2б	18	17-23	53	<75	0,1	0,2

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и

технические средства: в холодный период года – применение водяного отопления; в теплый период года – искусственная вентиляция, изоляция нагретых поверхностей оборудования.

4.2.3 Анализ показателей шума

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является токарный обрабатывающий центр, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Нормальным уровнем шума при работе в помещении считается 60 дБА. Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБА, снижается слуховая чувствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха. Для снижения шума можно использовать следующие методы:

Уменьшение шума в станке- Применение вязкой смазки;

Установка в помещении звукопоглощающих экранов;

Применение шумозаглушающего кожуха;

Ликвидация погрешностей в зацеплении шестерен;

При выполнении работы оператор токарного станка использует наушник с

Шумоподавлением.

4.2.4 Анализ уровня вибраций

В процессе обработки деталей, если режущий инструмент выставлен неправильно, а также если станок не имеет крепкого фундамента под собой, или не установлен на виброопорах, могут возникать вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при

ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”. В этом документе приведены предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней в октавных и треть октавных полосах частот для локальной и общей вибрации в зависимости от источника возникновения, направления действия.

Коллективные виды средств защиты от вибрации считаются предпочтительными, в то время как средства индивидуальной защиты применяются в качестве вспомогательных. К ним относятся: виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

4.2.5 Анализ освещенности рабочей зоны

Искусственное освещение должно обеспечивать в помещении освещенность, позволяющую выполнять операции, наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма, возникающих по причине недостаточной освещенности. Недостаточная освещенность является вредным фактором при выполнении исследовательских работ, требующих особую точность. При работе в таких условиях сначала происходит перенапряжение глаз, которое впоследствии может вызвать ухудшение зрения. В этом случае требуется привлечение дополнительных источников света, в частности настольных ламп.

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения.

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливают в зависимости от характеристики зрительной

работы.

Таблица 4.2.5

Разряды работы	Характер работ, выполняемых в помещении		Нормы к.е.о. в %	
	виды работ, по степени точности	Размер объекта <i>мм</i>	при верхнем и комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5
I	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
II	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
III	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5
IV	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
V	Грубые работы	Более 10	2	0,5
VI	Работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса	-	1	0,25

Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, рабочее место должно быть оборудовано дополнительным источником света. В вечернее время в цехах обязательно общее искусственное рабочее освещение, причем расположение светильников должно быть равномерным. Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению

производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 10$ м, ширина $B = 8$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения: $S = A \times B$, где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 10 \times 8 = 80 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_C = 40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_P = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$. Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен ФЛД = 3000 Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников

является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c$$

где H – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом. Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $H = 3,5$ м. Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_a = \frac{B}{L} = \frac{8}{2,4} = 3,3 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{10}{2,4} = 4,16 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = N_a \times N_a = 4 \times 3 = 12$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = \frac{10 \times 8}{2 \times (10 + 8)} = 2,22$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\lambda_P = 70\%$, $\lambda_C = 40\%$ и индексе помещения $i = 2,22$ равен $\eta = 0,52$. Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E \times A \times B \times K_3 \times Z}{N \times \eta} = \frac{150 \times 10 \times 8 \times 1,2 \times 1,1}{12 \times 0,52} = 2538 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{2600 - 2538}{2600} \times 100 = 2,38\% \approx 2\%$$

$$-10\% \leq 2\% \leq 20\%$$

Таким образом, условие выполнено.

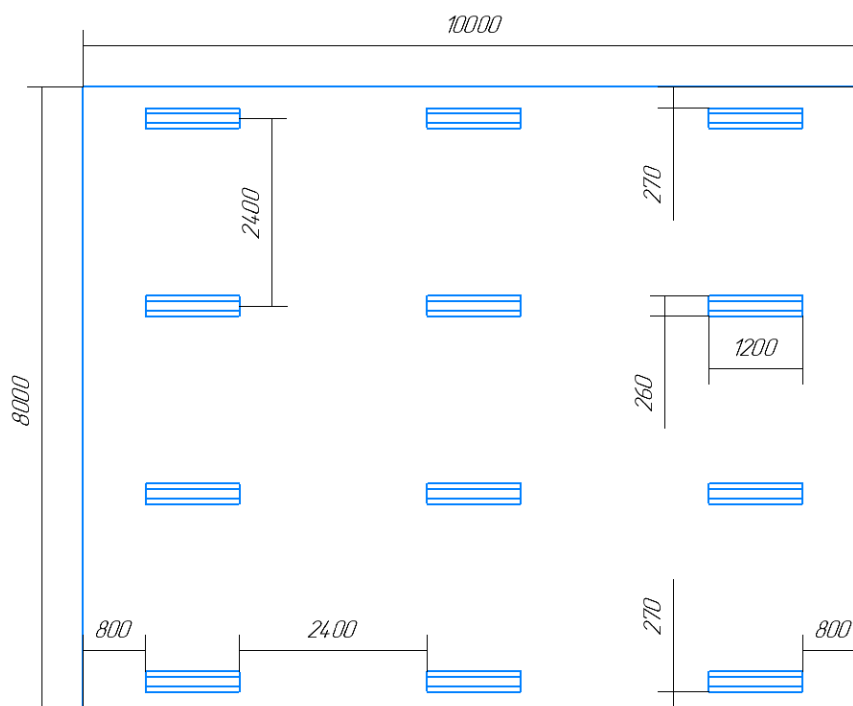


Рисунок 4.1 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

4.2.6 Анализ Эмоциональных нагрузок

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами: степенью ответственности за результат собственной деятельности; степенью риска для собственной жизни; ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим

выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д., а не гигиенистами, как это было сделано при разработке гигиенических критериев.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

4.2.7 Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Лаборатория относится к классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Токарный станок работает в сети с напряжением 380 В.

Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала,

специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

4.2.8 Повышенная температура материала

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур, которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежание получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что обработанных деталей, а так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

4.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через как можно более полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён

Окружающей среде, увеличивается, поэтому задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

При написании данной выпускной квалификационной работы не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащим особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;

Очищать СОЖ для повторного использования, с вторичным использованием отфильтрованной взвеси абразивной пыли и мелкой стружки (неответственные конструкции).

При проведении в цеху экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, существенных воздействий на окружающую среду не было.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина, проектно-конструкторские недоработки, сложность технологий, недостаточная квалификация персонала,. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны. Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются взрыв или пожар на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

На основании рекомендаций определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Г - производства, связанного с процессом обработки негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, который сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени.

Причиной возгорания в 1-ом этаже корпуса 16А, ТПУ могут быть следующие факторы:

Возгорание устройств искусственного освещения. возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электро-соединений и электrorаспределительных щитов;

Возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие

нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;

возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

Возгорание;

Локализация возникших пожаров;

Защита людей и материальных ценностей;

Предотвращение пожаров;

Тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия: Организационные мероприятия: противопожарный инструктаж обслуживающего персонала; обучение персонала правилам техники безопасности; издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия: соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В кабинете имеется порошковый огнетушитель типа ОП–5 и находится пожарный щит, установлен рубильник, обесточивающий всю аудиторию, на двери аудитории приведен план

эвакуации в случае пожара; соблюдение эксплуатационных норм оборудования; содержание в исправности изоляции токоведущих проводников. Профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования. Обеспечение свободного подхода к оборудованию. В рассматриваемом тех. бюро места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами составляет более 4,07 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1 м, что соответствует нормам, а поэтому дополнительных мер защиты не требуется;

Технические мероприятия:

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м. План эвакуации приведен на рис. 4.2



Рисунок 4.2 План эвакуации

Заключение по разделу социальная ответственность

В данном разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: вибрации, шум, недостаток освещённости, эмоциональные нагрузки. В разделе приведены способы уменьшения воздействия на организм человека вредных факторов, а так же средства индивидуальной защиты для уменьшения воздействия этих факторов.

Благодаря анализу безопасности, он анализирует различные вопросы безопасности во время диплома и обеспечивает успех исследования диплома. Практическая значимость заключается в повышении осведомленности о безопасности и понимании знаний о безопасности, чтобы их можно было использовать в случае внезапных и опасных ситуаций в будущем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы определены параметры конструкции резьбонарезной насадки для многофункционального привода на базе коллекторного двигателя мощностью 1,5 кВт. Ручная машина в режиме резьбо нарезания способна нарезать трубную резьбу Ø1/4 – 2 дюйма. На следующих этапах работы необходимо детально проработать корпусные детали насадки, изготовить их и коническую передачу, произвести испытание опытного образца устройства.

Многофункциональный привод может найти свое применение в небольших строительных фирмах, фермерских и садоводческих хозяйствах и т.п.

Список использованных источников

1. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под редакцией Дальского А.М., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К., Сулова А.Г. Справочник технолога – машиностроителя: Справочное издание/ А.М.Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – М.: Издательство машиностроение-1, 2003. Том 2– 943 с.
2. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин. Под редакцией Чернавского С.А., Бокова К.Н., Чернина И.М., Ицковича Г.М., Козинцова В.П. Справочник технолога – машиностроителя: Учебное пособие/ С.А. Чернавский, К.Н.Боков, И.М.Чернин, Г.М.Ицкович, В.П. Козинцов – М.: Издательство машиностроение, 1986. – 417 с.
3. Янгулов В.С. Техническая механика: Волновые и винтовые механизмы и передачи. Под редакцией В.С. Янгулов Справочник технолога – машиностроителя: Учебное пособие/ В.С. Янгулов –Саратов: Профобразование , 2017. – 183 с.
4. Кто придумал болт и резьбу? [Электронный ресурс]. – URL: <http://jeep-planet.com/kto-pridumal-bolt-i-rezbu/>
5. История резьбы [Электронный ресурс]. – URL: <https://mirrvd.by/customers/103-istoriya-rezby.html/>
6. Нарезание резьбы методом фрезерования [Текст] / мастер И. П. Чудинов; Под ред. инж. т. Волкова А. А. - Пермь : Бюро тех. пропаганды и рабоч. изобретательства завода им. Молотова, 1939. - 8 с.
7. Нарезание резьбы на токарных станках [Текст] / В. А. Блюмберг, К. В. Лакур ; Под общ. ред. канд. техн. наук доц. М. А. Ансера. - Москва ; Ленинград : Машгиз. [Ленингр. отд-ние], 1957. - 69 с.
8. Нарезание резьбы шлифованием [Текст] / Н. П. Соболев ; [Предисл. Н. Ачеркан]. - Ленинград : ОНТИ, 1935 (тип. им. Чудова). - Папка, 196 с.
9. Инструмент для изготовления точных внутренних резьб : Учеб.

пособие по курсу "Реж. инструмент и инструм. обеспечение автоматизир. пр-ва" для студентов спец. 1201,1202 и Т29 / В. В. Захаров; Саратов. гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 1994. - 102,[1] с.

10. Раскатывание внутренних резьб бесстружечными метчиками / Ю. Г. Проскуряков, В. А. Кохановский; Отв. ред. А. Н. Исаев. - Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 1980. - 103 с.

11. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с.

12. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

13. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)

15. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

16. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

17. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения

Приложение А

Selection and justification of the parameters of a manual threading machine

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ91	Лю Имин		25.05.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к.т.н.		25.05.2021

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Т.Ю.	К.ф.н.		25.05.2021

1.3 Overview of threading history and thread types

1.3.1 Overview of threading history

In 1864, the American inventor William Sellers proposed a standard based on a 60-degree thread shape and various threads for different diameters. Around the same time, continental Europe adopted metric thread standards with a number of different thread flank angles. For example, the German Loewenherz had a thread angle of 53 degrees 8 minutes, and the Swiss Thury had a 47.5 degree angle. Standard international metric threads ultimately evolved from German and French metric standards based on a 60-degree profile angle with flat crests and rounded roots.

Today, the industry uses thread sizes that meet the following international standards (only basic standards are given, excluding special and non-basic ones):

Буквенное обозначение	Страна	Угол вершины профиля, °	Описание (расшифровка буквенного обозначения)
ISO		60°	International Organization for Standardization
NC	USA	60°	National Coarse
UNC	USA	60°	Unified National Coarse
NF	USA	60°	National Fine
UNF	USA	60°	Unified National Fine
UNEF	USA	60°	Unified National Extra Fine
UN	USA	60°	Unified National 8-, 12- and 16 pitch series
UNS	USA	60°	Special Threads of American National Form
NPT	USA	60°	National Taper Pipe 1:16
NPTF	USA	60°	National Taper Pipe Dryseal 1:16
NPS	USA	60°	National Standard Straight Pipe
NPSM	USA	60°	National Standard Straight Pipe for free fitting mechanical
NPSF	USA	60°	National Standard Internal Straight Pipe Dryseal
BSW	GB	55°	British Standard Withworth Coarse
BSF	GB	55°	British Standard Fine
BSP	GB	55°	British Standard Pipe
BSPT	GB	55°	British Standard Pipe Taper
BA	GB	47°	British Standard Association

Figure 1.1 - International classification of threads

Chernavsky S.A., Bokova K.N. and others were engaged in calculations of bevel gears. The design of machine parts is presented in their works [3].

Chudinov Ivan Petrovich was engaged in threading by the milling method [6].

Blumberg Vitaly Albertovich was engaged in high-speed threading on a

lathe [7].

Sobolev N.P. was engaged in thread cutting by grinding [8].

Zakharov Vladimir Vladimirovich was responsible for making precise internal threads [9].

Proskuryakov Yuri Georgievich was engaged in rolling out internal threads with chipless taps [10].

1.3.2 Overview of thread types

All threads used in the technique apart from rectangular ones are standardized. According to the shape of the profile, the threads are subdivided into triangular, trapezoidal, rectangular and round.

Threads are subdivided into fastening and running threads.

Fastening threads are used to obtain detachable connections of parts. Fastening threads, as a rule, have a triangular profile, one-start, with a small helix angle.

The running threads are quite often performed as multiple threads and are used to transform rotary motion into translational motion and vice versa.

General purpose cylindrical and tapered threads are standardized. GOST 11708 – 82 determines their main parameters, the profile forms and the numbers of standards for the main dimensions.

The standards provide for a fairly significant number of threads with different parameters. These include cylindrical threads: metric (GOST 9150 - 81), inch (OST HKTP 1260), tubular cylindrical (GOST 6357 - 81), trapezoidal (GOST 9484 - 81) and persistent (GOST 10177 - 82); tapered thread: metric tapered (GOST 25229 - 82), inch tapered (GOST 6111 - 52), tubular tapered (GOST 6211 - 81) [11].

Metric thread

The original thread profile is triangular with an angle between the sides of 60 degrees. The diameter and the pitch of a metric thread are expressed in millimeters.

Metric threads are subdivided into coarse threads and fine threads with the same thread diameter. A thread with a small pitch at the same length has a greater number of turns distributed along the axis of the thread than a thread with a large pitch.

Inch thread

The original thread profile is triangular with an apex angle of 55 degrees. The actual profile differs from the initial one in that the tops of the original profile are cut to a height of about $\frac{1}{6} H$ both from the outside and from the side of the troughs.

An outside thread diameter is measured in inches ($1 \text{ "} = 25.4\text{mm}$). Dashes (") indicate inches. The pitch of an inch thread is expressed by the number of threads on a length of 1 ". An inch thread is used only when making parts with an inch thread instead of worn ones and should not be used when designing new products.

Pipe cylindrical thread

The original thread profile is triangular with an apex angle of 55 degrees. The tops of the crests and roots are rounded. The rounded profile ensures a high tightness of the connection. The pipe thread has a finer pitch than the inch thread, i.e. the number of threads per 1 " for a pipe thread is greater than that of an inch with equal diameters. The pipe thread is used to connect pipes and other parts of the pipeline fittings.

Lead thread

The standards provide for trapezoidal and thrust threads:

1. A trapezoidal thread has a profile in the form of an isosceles trapezoid with an angle of 30 degrees between the sides (see fig.).
2. A thrust thread has an asymmetric profile. It is used for large one-sided loads.

The given division of the threads into fastening and running gear is not strict. In practice (especially in instrument making), a metric thread with a fine pitch is often used as a running thread.

Special thread

A special thread includes:

1. A thread that has a standard profile, but differs from a standardized thread in diameter or pitch;
2. A screw with a non-standard profile, for example, rectangular, square.

1.4 Calculation of parameters for threading Ø 1/4 - 2 inches

(1) Calculation for 1/2 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90$ min [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined according to table [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{cv} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iv} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table 50 [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iv} = 1$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2.7 \times 12.7^{1,2}}{90^{0,5} \times 1.814^{1,2}} \times 0.56 = 1.65 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 1.65}{3.14 \times 12.7} = 41.38 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{p. 297}]$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q = 1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 12.7^{1.1} \times 1.814^{1.5} \times 0.85 = 15.3 \text{ N} \cdot \text{M}$$

(2) Calculation for 3/4 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90 \text{ min}$ [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined according to table 49 [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{cv} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iv} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iv} = 1$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2.7 \times 19.05^{1.2}}{90^{0.5} \times 1.814^{1.2}} \times 0.56 = 2.68 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 2.68}{3.14 \times 19.05} = 44.8 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \text{ [1, p. 297]}$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q = 1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 19.05^{1.1} \times 1.814^{1.5} \times 0.85 = 23.9 \text{ N} \cdot \text{M}$$

(3) Calculation for 1 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90$ min [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined according to table 49 [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{CV} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iV} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iV} = 1$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2.7 \times 25.4^{1.2}}{90^{0.5} \times 2.309^{1.2}} \times 0.56 = 2.8 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 2.8}{3.14 \times 25.4} = 35.1 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{p. 297}]$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q = 1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 25.4^{1.7} \times 2.309^{1.5} \times 0.85 = 47.11 \text{ N} \cdot \text{M}$$

(4) Calculation for 1 1/4 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90$ min [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined

according to table [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{cv} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iv} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iv} = 1$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2.7 \times 31.75^{1.2}}{90^{0.5} \times 2.309^{1.2}} \times 0.56 = 3.7 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times 3.7}{3.14 \times 31.75} = 37.11 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \text{ [1, p. 297]}$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q = 1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table 51 [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table 50 [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 31.75^{1.1} \times 2.309^{1.5} \times 0.85 = 60.21 \text{ N} \cdot \text{M}$$

(5) Calculation for 1 1/2 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90 \text{ min}$ [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined according to table 49 [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{cv} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iv} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iV} = 1$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V = \frac{2.7 \times 38.1^{1,2}}{90^{0.5} \times 2.309^{1,2}} \times 0.56 = 4.6 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times 4.6}{3.14 \times 38.1} = 38.45 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \text{ [1, p. 297]}$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q = 1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 38.1^{1,1} \times 2.309^{1,5} \times 0.85 = 73.58 \text{ N} \cdot \text{M}$$

(6) Calculation for 2 " pipe:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V$$

Average values of the durability period for round dies $T = 90 \text{ min}$ [1, p. 296]

Coefficient values: $C_v = 2.7$; $m = 0.5$; $q = 1.2$; $y = 1.2$; - determined according to table 49 [1, p. 296]:

Coefficient K_v [1, p. 297]:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{CV},$$

Where

K_{MV} - coefficient taking into account the quality of the processed material;

K_{cv} - coefficient reflecting the thread accuracy class;

K_{iv} - coefficient taking into account the quality of the tool material.

According to the table [1, p. 298] $K_{MV} = 0.8$, $K_{CV} = 0.7$, $K_{iV} = 1$,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{CV} = 0.8 \times 0.7 \times 1 = 0.56$$

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{2.7 \times 50.8^{1.2}}{90^{0.5} \times 2.309^{1.2}} \times 0.56 = 6.5 \text{ m / min}$$

$$\text{Purity of rotation: } n = \frac{1000 \times 6.5}{3.14 \times 50.8} = 40.75 \text{ turnover / min}$$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad [1, \text{p. 297}]$$

Coefficient values: $C_m = 0.045$; $q=1.7$; $y = 1.5$; - determined according to table [1, p. 298]:

Coefficient $K_p = K_{mp}$, taking into account the quality of the processed material is determined according to table [1, p. 298]: $K_p = K_{mp} = 0.85$

$$M_{\text{torque}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \times 0.045 \times 50.8^{1.7} \times 2.309^{1.5} \times 0.85 = 100.98 \text{ N} \cdot \text{M}$$

1.5 Analysis of the design of wave gear transmission and wave transmissions with intermediate rolling bodies

1.5.1 Analysis of the design of wave gear transmission

One of the relatively new mechanical transmissions is a wave gear transmission based on the principle of wave deformation of a thin-walled gear wheel. A number of positive qualities of the transmission, first of all, a large gear ratio, attracted the interest of designers in many areas of technology, in particular aviation and space.

Wave mechanical transmission is based on the principle of transmission and transformation of motion by wave deformation of one of the links of the mechanism. Having a number of positive qualities, the wave transmission has received wide recognition and distribution (this mainly applies to gear drives).

heat treatment, high-quality steel grades, etc., improves their performance.

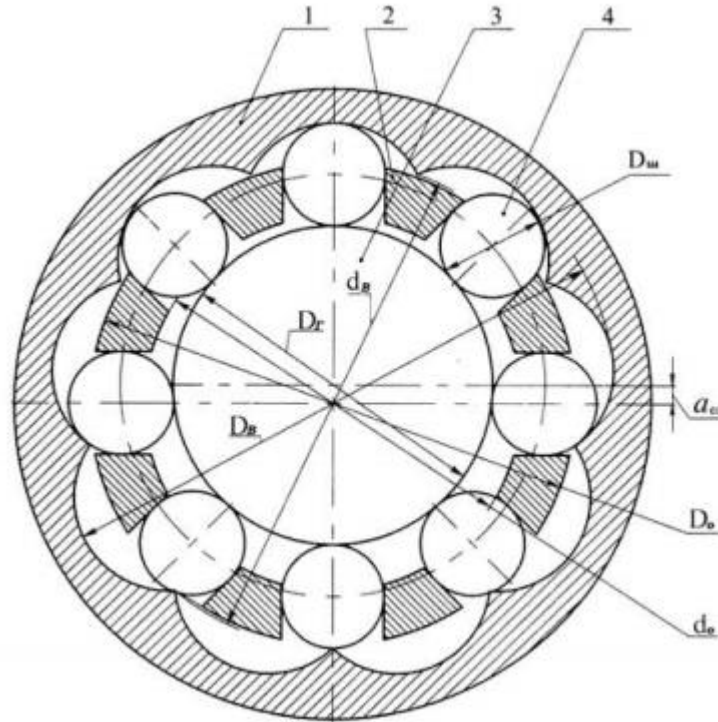


Figure - 1.3 Wave transmission with intermediate rolling bodies

D_b - ball diameter; D_v - the diameter of the teeth of the ring gear; d_v - the diameter of the protrusions of the gear rim; D_0 - outer diameter of the ferrule; d_0 - inner diameter of the ferrule; D_r - generator diameter; a_ω - generator eccentricity

The basis of the gears under consideration is the design shown in Fig. 1.3. The wave generator, eccentric 1, rotating, causes radial displacement of balls 4 in the grooves of the cage 3. The balls 4 contact the surfaces of the teeth of the rigid wheel 2. The difference in the number of balls and teeth of a rigid wheel, usually equal to unity with an eccentric generator, provides a reduction in the movement of the output link of the transmission. The output link can be a cage with balls or a rigid wheel, when one of them is fixed relative to the body.

Designs of gears with adaptive generators, which ensure clearance-free engagement, allow improving their quality, primarily due to accuracy and durability.

The main technical features and advantages of wave transmission with intermediate rolling elements are as follows:

1. High efficiency, amounting to 0.8-0.9, and in a special design - up to 0.97.
2. High gear ratio;
3. High torque at the output link, large overload reserve and high rigidity of the link.
4. High reliability and long service life.

